

規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発 高精度センサーを用いたエレベーターの定期検査に係る調査

目次

1. 調査の目的
2. 調査・検討概要
3. 調査結果
4. 非接触型ロープテスター(高精度センサー)の評価
5. ロープテスター評価方法の整理
6. まとめ

1. 調査の目的

エレベーターの主索(ロープ)の定期検査は、大きく分けて「径の状況」、「素線切れの状況」、「錆及び錆びた摩耗粉の状況」、「損傷及び変形の状況」の4つに分類される。

これらの検査は、昇降路内において、検査員がかごの上に乗し、かごを低速で動かしながら目視やノギスを用いて寸法測定を行っていることから、危険を伴う上、検査に時間を要する。

これらの課題に対して、一部の保守会社で導入しているロープテスターを活用した検査方法や診断精度を調査するとともに、NEDO事業として開発する非接触型の高精度センサーの有効性を調査し、定期検査における有人検査での診断精度と同等以上であるかを評価する。

また、その結果を基にロープテスターの評価方法についても整理することを目的とした。

2. 調査・検討概要

本事業は、以下のアプローチで調査・検討を行った。

(1) エレベーター保守会社等への調査

大手エレベーター保守会社や長年定期検査に従事してきた検査員に対して、ロープテスターの使用方法や精度、有人検査の場合の検査方法等について調査

(2) ロープテスター製造会社への調査

ロープテスターを製造・販売している会社に対して、市販品のロープテスターの仕様や精度について調査

(3) エレベーター以外に用いるロープテスターの調査

エレベーター以外の分野でロープの診断にロープテスターを用いている事例として、遊戯施設の保守点検や定期検査において使用しているロープテスターの仕様や精度について調査

(4) 非接触型の高精度センサー(ロープテスター)開発会社への調査

NEDO事業で開発する非接触型の高精度センサーの仕様や精度を調査するとともに、実機エレベーターを用いた実証実験に立ち会い、動きや測定精度を確認

「診断精度評価検討委員会」における検討

(1)～(4)の結果を基に検討委員会において検討し、目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有するか評価するとともに実用化に向けた課題を整理した。また、定期検査への適合性を判定するための評価方法の検討・提案を行った。

3. 調査結果

(1) エレベーター保守会社等への調査

- 使用しているロープテスターは、市販品、自社開発品、市販品をカスタマイズしたものなど様々。
- 各社とも磁気センサーを使用し、検出した波形により素線切れの位置を特定するために使用。
- 素線切れの本数や内層素線断線まで明確に検知するのは困難。
- 大手保守会社では、これまでのノウハウから機種やローピング回数、昇降工程、建物用途等から長期的な計画を立て、ポイントでロープテスターを使用している。

このため、現状では、必ずしも常設する非接触型のロープテスターが必要という状況ではなかった。

(2) ロープテスター製造会社への調査

- ・現在販売しているロープテスターは、全て接触型の磁気センサーを使用。
 - ・ロープ1本ずつ測定するタイプと、複数本同時に測定し、個別に診断できるタイプがあった。
 - ・主に「素線切れ」を検出することが目的。
使い方は、検出した波形により素線切れのおおよその位置を特定し、検査員が目視確認する。(素線切れの位置を把握するために使用。)
- ※おおよその素線切れの位置は分かるが、素線切れの本数までは検出できない。

(3) エレベーター以外に用いるロープテスターの調査

- 調査を行った遊戯施設は、高さ約59mのタワーに吊された回転ブランコがワイヤーで昇降運動するもの。
- 使用していたロープテスターは、市販品の接触型磁気センサーでロープ1本毎に測定するタイプ。
- 検出した波形により素線切れの位置を特定するために使用。
(波形が基準値を超えると音が鳴る。)
- エレベーターと同様に、ロープテスターは目視確認する前に素線切れの位置を把握するための補助器具として使用。



(4) 非接触型の高精度センサー(ロープテスター)開発会社への調査

・NEDO事業「規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発」において、東京製綱(株)及び(株)島津製作所が開発する高精度センサーの仕様や精度等の調査を行った。

【詳細は、「調査報告書」を参照】

4. 非接触型ロープテスター（高精度センサー）の評価

・評価にあたっては、両社が開発した技術を、主索に関する定期検査項目【径、素線切れ、錆、損傷及び変形】毎に総合的に判断し、定期検査への適合性を評価するとともに、実用化に向けた課題を整理した。

【前提】

※両社は、高精度センサーとして、磁気センサーと光学センサーの両方の開発を行っている。

※油やゴミ等の汚れがない主索を測定することを前提としており、それらの対応は今後の課題としている。

① 「主索の径の状況」の評価

経年劣化等により摩耗した主索がどの程度細くなっているか確認するため、最も摩耗が進んだ部分と、綱車に掛からない摩耗のない部分の2箇所直径を測定することが必須となる。



今回開発の高精度センサーでは

- ・主に光学式センサー(カメラ)を使用し、0.05mm単位で、対応する山部同士の接点を直径として検出できた。
- ・複数本を同時撮影し、1本毎の直径の測定や高速運転での測定もできた。

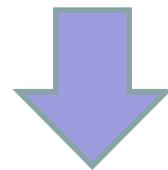
【課題】

- ・固定された1方向だけでなく、同一円周上で最も摩耗が進んだ部分を探す工夫や、複数方向からの測定、また、外光や照明のあて方等で起こる測定誤差に対する検討が必要。

② 「主索の素線切れ状況」の評価

素線切れの本数や位置、摩耗足長さの特定で、1より1ピッチ内の範囲と1構成より1ピッチ内の範囲で素線切れが何本あるか。

また、ロープ長手方向や同一円周上に対してどのような素線切れがあるか。
山切れ谷切れを確認できる等が必須となる。



今回開発の高精度センサーでは

磁気センサー

- ・横振動がなければ、速度に関係なく山部の素線切れは感度よく検出可能。
また、目視では困難な断線間隔の短い断線や、谷切れも検出できる場合もあり。

【課題】

- ・素線切れ本数に関し、さらに多くの実験結果を基に定量化する必要がある。
また、山切れと谷切れの区別が困難なため、光学式センサーと組み合わせる等の検討が必要。

光学式センサー

- ・照明等の状態によるが、山切れ又は谷切れを検出可能。
- ・1より1ピッチ内の素線切れ本数の検出や、摩耗足長さを測る方法のアルゴリズムができていた。

【課題】

- ・照明の照らし方等、光の状態の安定化や、設置位置等、さらに多くの実験を行い、検出精度と誤検出の関係性を定量化する必要がある。
また、摩耗足長さを自動で検出できる方法の検討が必要。

③ 「主索の錆び及び錆びた摩耗粉の状況」の評価

錆びた摩耗粉か腐食かを判断し、摩耗粉の量と谷部の状態が分かること。
また、主索の直径がどの程度細くなっているか確認できることが必須となる(このうち、直径の測定は前項①で説明したため省略。)

磁気センサー

今回開発の高精度センサーでは

- ・検出された波形により錆びのおおよその傾向をつかむことができた。

【課題】

- ・錆びの波形を見極めるためにデータを集め定量的な分析が必要。

光学式センサー

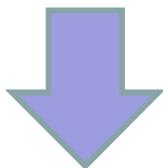
- ・錆びの色を指定することで錆びの位置や範囲を判断することができた。

【課題】

- ・指定する錆びの色や検出方法の検討が必要。
また、全長検査ができるよう、設置場所の検討が必要。

④「主索の損傷及び変形の状況」の評価

キンクや傷、よりの不整等の変化を確認できることが必須となる。



今回開発の高精度センサーでは

磁気センサー

- ・感度よく検出することができた。

光学式センサー

- ・変形が小さい場合、検出できない場合が多い。

【課題】

- ・実際の主索で起きている傷やよりの不整の分析、また、全長検査の検討が必要。

5. ロープテスターの評価方法の整理

- ・ロープテスターが定期検査基準に定める目視や寸法測定と同等以上の診断精度を有しているか評価するための方法について、上記までの調査により得られた知見をもとに整理した(詳細は「調査報告書」参照。)

診断チェックリスト(ロープ式エレベーター)

抜粋

| 番号 | 検査項目等 | | |
|-----|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| | 検査項目 | 検査方法 | ロープテスターの評価項目 (定期検査の判定基準に対する性能項目) |
| (1) | 主索の径の状況 | 乗降する頻度の最も高い階(以下「基準階」という。)から加速終了位置又は減速開始位置から基準階の間にかごがある場合に主索が綱車にかかる箇所、綱車による曲げ回数が多い箇所等における最も摩耗の進んだ部分の直径及び綱車にかからない部分の直径を測定する。 | 最も摩耗の進んだ部分の直径が0.05mm単位で測定できるか。 |
| (2) | | | 綱車にかからない部分の直径が0.05mm単位で測定できるか。 |
| (3) | | | 最も摩耗の進んだ部分の直径を綱車にかからない部分の直径と比較し、「要是正」「要重点点検」「指摘なし」のどれに当てはまるか診断できるか。 |
| (4) | | | 素線切れが平均的に分布しているか診断できるか。 |
| (5) | | | 素線切れが特定の部分に集中しているか診断できるか。 |

6. まとめ

今回の調査で、主索の定期検査項目に対してロープテスターを使用して自動検査が行える可能性があることが分かった。

しかし、開発期間が1年間と短く、サンプル数も少ないことから、条件ごとの検証や実機検証など、定量的な考察を行うなど、さらに開発を進める必要がある。

特に定期検査では、素線切れの本数をもとに判定する項目が多いため、素線切れ本数や谷切れの診断精度を向上することができれば、保守会社でのニーズも高まるものと考えられる。

また、今回開発した高精度センサー（磁気センサー、光学式センサー）の特性を活用して、主索の内部を含めた劣化状況を確認することも出来る可能性があるため、例えば、常設することで主索の劣化の早期発見や検査時間の短縮にもつながると考えられる。